

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-010105

(43)Date of publication of application : 17.01.1991

(51)Int.Cl.

G01B 11/00
H01L 21/027

(21)Application number : 01-145733

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 08.06.1989

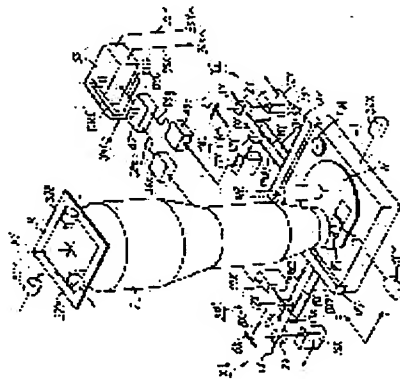
(72)Inventor : TANIMOTO SHOICHI
KAMIYA SABURO

(54) METHOD AND APPARATUS FOR MEASURING OR DETERMINING POSITION

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve accuracy in measuring or determining the position of a stage by accurately measuring the bending degrees of plane mirrors without using a reference plane mirror.

CONSTITUTION: As measuring means for detecting the local bending amounts of the reflecting surfaces of two plane mirrors MX and MY, θ interferometers X θ 1 and Y θ 1 are provided. The plane mirrors MX and MY are provided on a stage ST so as to form a right angle to each other. The bending amounts of the reflecting surfaces of the two plane mirrors MX and MY are measured approximately at the same time with the two θ interferometers X θ 1 and Y θ 1. The difference between both measured values is obtained. The error in straight advancing property of the stage ST is offset, and the true bending amounts of the reflecting surfaces are obtained. Then, the bending amounts of the plane mirrors are stored. The coordinate position of the stage ST which is detected at the time when the position is measured or determined is corrected according to the bending amounts of the mirrors. In this way, the same accuracy as the accuracy obtained when plane mirrors having the ideal reflecting surfaces are used can be obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-10105

⑬ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)1月17日

G 01 B 11/00
H 01 L 21/027

G 7625-2F

2104-5F
2104-5F

H 01 L 21/30

3 0 1 Z
3 1 1 M

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全13頁)

⑮ 発明の名称 位置測定、又は位置決めの方法、及び装置

⑯ 特 願 平1-145733

⑰ 出 願 平1(1989)6月8日

⑱ 発 明 者 谷 元 昭 一 東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内

⑲ 発 明 者 神 谷 三 郎 東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内

⑳ 出 願 人 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

㉑ 代 理 人 弁理士 渡辺 隆男

明 細 書

1. 発明の名称

位置測定、又は位置決めの方法、及び装置

2. 特許請求の範囲

(1) はば直交する x 、 y 方向に平行移動するステージの移動部に、該 x 、 y 方向の夫々に沿って伸びた2つの平面鏡が固設され、該2つの平面鏡の反射面と垂直な方向に関する距離変化を光波干渉計で計測することによって、前記ステージの x 、 y 方向の座標位置を測定する方法において、前記2つの平面鏡の各反射面の伸びる方向に関する局所的な曲り量を、前記2つの平面鏡について、ほぼ同時に計測し、両方の計測値に基づいて前記光波干渉計で計測される前記ステージの座標位置を補正することを特徴とする位置測定方法。

(2) はば直交する x 、 y 方向に平行移動するステージと、該ステージの一部に固設され、前記 x 、 y 方向の夫々に沿って伸びた反射面を有する2つの平面鏡と、該2つの平面鏡の各反射面と垂直な方向に関する距離変化を計測する2つの光波干渉

計とを備え、前記ステージの座標位置を測定する装置において、前記2つの平面鏡の各反射面の伸びる方向に関する局所的な曲り量を、前記2つの平面鏡について個別に計測する2つの計測手段と；

前記ステージを x 、 y 方向の1次元に移動させたときに前記2つの計測手段から得られる各計測値をほぼ同時に入力して、該計測値の差分に応じた情報を前記反射面の伸びる方向の位置に対応して求めて記憶する記憶手段と；

前記光波干渉計で計測される前記ステージの座標位置を該記憶手段に記憶された情報に応じて補正する補正手段とを備えたことを特徴とする位置測定装置。

(3) はば直交する x 、 y 方向に平行移動するステージの移動部に、該 x 、 y 方向の夫々に沿って伸びた2つの平面鏡が固設され、該2つの平面鏡の反射面と垂直な方向に関する距離変化を光波干渉計で計測するとともに、前記ステージに保持された対象物上の特定のマークを、前記光波干渉計

の測長軸からはずれたマーク検出手段で検出することによって、前記対象物の座標位置を測定する方法において、

前記2つの平面鏡の各反射面の伸びる方向に関する局所的な回転量を、前記2つの平面鏡の夫々について個別に計測し、両方の計測値に基づいて前記ステージのヨーイング量を求め、前記マーク検出手段によって検出された前記マークの座標位置を該ヨーイング量に応じて補正することを特徴とする位置測定方法。

(4) ほぼ直交する x 、 y 方向に平行移動するステージと、該ステージの一部に固設され、前記 x 、 y 方向の夫々に沿って伸びた反射面を有する2つの平面鏡と、該2つの平面鏡の各反射面と垂直な方向に関する距離変化を計測する2つの光波干渉計と、該2つの光波干渉計の測定軸で規定される座標系の所定位置で、かつ該測定軸からはずれた位置で前記ステージ上の対象物のマークを検出するマーク検出手段とを備え、前記光波干渉計とマーク検出手段によって、前記対象物の座標位置を

することで、前記投影パターンと前記基板とを所定の位置関係に合わせる方法において、

前記2つの平面鏡の各反射面の局所的な回転量を個別に計測し、該2つの計測値に基づいて前記反射面自体の曲り量の影響を除いた前記ステージの真のヨーイング量を算出し、該真のヨーイング量に応じて前記投影パターンと前記基板とを相対回転して、ヨーイングによる回転誤差を補正することを特徴とする位置決め方法。

(6) ほぼ直交する x 、 y 方向に平行移動するステージと、該ステージ上に保持された基板に、所定の外形を有するパターンを投影する投影手段と、前記ステージに固定され、前記 x 、 y 方向の夫々に沿って伸びた反射面を有する2つの平面鏡と、該2つの平面鏡の夫々の距離変化を計測する2つの光波干渉計とを備え、該光波干渉計の計測値に基づいて前記基板上的所定領域を前記投影パターンに合わせるように前記ステージを位置決めする装置において、前記2つの平面鏡の各反射面の伸びる方向に関して局所的な回転量を、前記2つの

測定する装置において、

前記2つの平面鏡の各反射面の伸びる方向に関する局所的な回転量を前記2つの平面鏡の夫々について個別に計測する2つの計測手段と；

該2つの計測手段の計測値の差に基づいて前記平面鏡の反射面の曲り量を求めるとともに、前記2つの計測手段のうち少なくとも一方によって計測された回転量を、前記曲り量に基づいて補正して、前記ステージの真のヨーイング量を求める演算手段と；

前記マーク検出手段によって検出されたマークの座標位置を、前記ヨーイング量に基づいて補正する補正手段とを備えたことを特徴とする位置測定装置。

(5) ほぼ直交する x 、 y 方向に平行移動するステージに保持された基板に、所定の外形を有するパターンを投影する際、 x 、 y 方向に沿って伸びた反射面を有し、前記ステージに固定された2つの平面鏡に対して、それぞれ光波干渉計からのビームを投射して該2つの平面鏡の距離変化を計測

平面鏡の夫々について個別に計測する2つの計測手段と；

該2つの計測手段の計測値の差に基づいて前記平面鏡の反射面自体の曲り量を求めるとともに、前記2つの計測手段のうち少なくとも一方によって計測された回転量を該曲り量に応じて補正して、前記ステージの真のヨーイング量を求める演算処理手段と；

前記基板上の所定領域と、前記投影パターンとを位置決めする際、前記真のヨーイング量に基づいて前記基板と、投影パターンとを相対回転させる回転補正手段とを備えたことを特徴とする位置決め装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、平面内で2次元移動するステージの位置測定方法及び装置に関し、さらにはステージ上に対象物を載置して2次元的に位置決めする方法及び装置に関するものであり、特に半導体装置の加工、検査等のように極めて高い精度が要求さ

れる測定、位置決め技術に関する。

(従来の技術)

VLSIのパターン転写に用いられる各種露光装置(ステッパー等)、転写マスクの描画装置、マスクパターンの位置座標測定装置、あるいはその他の位置決め装置では、対象物を保持して直交する2軸(X、Y軸)方向に精密に移動するXYステージが用いられている。このXYステージの位置座標の計測には、波長633nmで連続発振するHe-Neの周波数安定化レーザを光源とした光波干渉計(レーザ干渉計)が使われている。市販されている干渉計として、Hewlett Packard社、Excel社、Zaigo社の製品が知られている。レーザ干渉計は本質的に一次元の測定しかできないため、2次元の座標測定には同一のレーザ干渉計を2つ用意する。そしてXYステージには、反射面が互いにほぼ直交する2つの平面鏡を固定し、この2つの平面鏡の夫々にレーザ干渉計からのビームを投射し、各反射面の垂直方向の距離変化を計測することでステージの2次元の座標位置が求め

られる。2つの平面鏡の各反射面は、ステージの必要移動ストロークに合わせて、x方向、y方向に伸びたものとなっている。このような平面鏡は座標測定の基準となるので、その反射面は極めて高い平面性が要求される。レーザ干渉計の計測分解能は0.01 μ m程度であり、また平面鏡の反射面の長さは、6インチの半導体ウェハを載置するステージの場合、250mm程度が必要である。すなわち、250mmの反射面が全体的に傾いていたり、部分的に曲っていたり、あるいは局所的な凹凸があった場合、その量が0.01 μ m以上あると、それがレーザ干渉計の計測値として取り込まれることを意味する。従って平面鏡が0.05 μ mだけ曲がっていたとすると、ステージの位置測定、又は位置決めは、0.05 μ mだけ理想的な直交座標系から曲った曲線(又は斜交)座標系に従って行なわれることになる。このため、平面鏡はできるだけ平面になるように製作されるが、製作誤差によって0.02 μ m程度の凹凸が残っていた。このように、250mmの反射面全体で0.02 μ mの凹

凸しかないという精度は、100 μ m離れた2点間に水平にはり渡した糸がその中間でわずか0.8cmしかたわまないという程度のものである。

もちろん、平面鏡の加工方法等によっては、それ以上の精度を出すことも可能であるが、製作コストが格段に高くなるだけで、実際に2次元移動ステージに固定するときの歪みや、その後の経時変化により、0.02 μ m以下の平面度を維持することは不可能である。

そこで移動ステージ上に固定された平面鏡の曲がり(凹凸)を、基準(原器)となる基準平面鏡を用いて測定することが考えられる。この場合、測定すべき平面鏡とほぼ同一形状の基準平面鏡を、被測定平面鏡とほぼ平行にステージ上に載置し、被測定平面鏡と基準平面鏡との夫々に干渉計からのビームを垂直に投射し、その反射ビームを干渉させて得られる距離変化の値から、被測定平面鏡の基準平面鏡に対する曲り量を求める訳である。

(発明が解決しようとする課題)

このような基準平面鏡を用いる方法は、まず基

準平面鏡の製作自体に労力とコストをかけることとなる。さらに高精度な基準平面鏡ができたとしても、それを一時的にステージ上に設定するのが難しく、長時間を要する。特に基準平面鏡をステージに取りつける際は、ステージの移動によって位置ずれを起さないように、かつ基準平面鏡の光学ブロックに歪みを与える応力を加えないようにしなければならない。

このような難解な問題が解消できたとしても、その曲り量の計測のためには複雑な計算が必要となり、手軽に計測できないといった問題があった。

近年、この種のステージを組み込んだ露光装置の位置決め精度は、解像線幅のサブミクロン化(0.8 \sim 0.4 μ m)によって、増々きびしいものになってきており、平面鏡の曲りによる影響が無視できない領域に入りつつある。

本発明は、このような従来の問題点に鑑みてなされたもので、ステージ上に取り付けられた状態での平面鏡の曲りを、基準平面鏡等を用いることなく、容易にしかも精度よく計測できるようにし、それ

によってステージの位置測定、位置決め精度を向上させることを目的とする。

〔課題を解決する為の手段〕

本発明では、ステージ(ST)の座標位置を光波干渉計(XI、YI)で検出するためにステージ上に設けられた2つの互いに直交な平面鏡(MX、MY)の夫々に対して、反射面の局所的な曲り量を検出する計測手段としての θ 干渉計(X θ I、Y θ I)を設けるようにした。この2つの θ 干渉計(X θ I、Y θ I)によって、2つの平面鏡の反射面の曲り量を、ほぼ同時に計測し、その両方の計測値の差分を求めることで、ステージの直進性の誤差を相殺した反射面の真の曲り量を求める。そして、座標測定用の光波干渉計による計測位置を、その真の曲り量に対応した分だけ補正するようにした。

〔作用〕

本発明では、x、y方向用の各平面鏡に対して反射面の局所部分の傾きを求める θ 干渉計を配置し、この2つの θ 干渉計を同時に使って各平面鏡

に対して精密に位置決めされる。投影レンズPLはレチクルRのパターン像PIをウェハW上の複数の局所領域(ショット領域)のうちの1つに重ね合わせるように投影する。

ウェハWはステージST上に固定され、このステージSTはモータ30X、30Yによってx方向とy方向の夫々に平行移動する。またステージSTにはウェハWのほぼ等しい高さ位置に、アライメント系のキャリブレーション等のための基準マーク板FMが固設されている。さらにステージSTの互いに直交する2辺部の夫々には、反射面がy方向に伸びた移動鏡(平面鏡)MXと、反射面がx方向に伸びた移動鏡(平面鏡)MYとがステージST上でずれないように固定されている。第2図にも示すように、移動鏡MXには、x方向の位置(距離変化)を検出する干渉計XIからのレーザビームBXが垂直に投射され、移動鏡MYにはy方向の位置を検出する干渉計YIからのレーザビームBYが垂直に投射される。ビームBXの中心線はx軸と平行であり、その延長線は投影

(すなわちステージ)のヨーイングを計るようにした。このためステージをx方向、又はy方向の一次元に移動させると、一方の θ 干渉計では平面鏡自体の曲り量とステージのヨーイング量とが加算されたものが計測され、他方の θ 干渉計ではヨーイング量のみが計測される。そこで2つの θ 干渉計の計測値の差分を求めると、それは平面鏡自体の曲り量となる。この平面鏡の曲り量を記憶して、位置計測時や位置決め時に検出されるステージの座標位置を、その曲り量に応じて補正すれば、平面鏡として理想的な反射平面をもつものを使ったのと同様の精度が得られる。

〔実施例〕

第1図は、本発明の第1の実施例による位置測定装置をステッパーに適用した場合の構成を示す斜視図であり、第2図はステージ部分の配置を示す平面図である。

第1図において、回路パターン等を有するレチクルRは、レチクルアライメント系32X、32Y、32 θ を用いて投影レンズPLの光軸AXに

投影レンズPLの光軸AXが通る原点Oで交わる。ビームBYの中心線はy軸と平行であり、その延長線は原点Oで交わる。移動鏡MXには、X軸 θ 干渉計X θ Iからの2つのビームBX θ 、BX θ が垂直に投射され、X軸 θ 干渉計X θ IはビームBX θ とBX θ の光路差を計測する。移動鏡MYにはY軸 θ 干渉計Y θ Iからの2つのビームBY θ 、BY θ が垂直に投射され、Y軸 θ 干渉計Y θ IはビームBY θ とBY θ の光路差を計測する。これら2つの θ 干渉計X θ I、Y θ Iが本発明の曲り量計測手段に相当し、それぞれ2つのビームBX θ とBX θ とのy方向の間隔で規定された範囲で移動鏡MXの回転量、及び2つのビームBY θ とBY θ のx方向の間隔で規定された範囲で移動鏡MYの回転量を計測する。

さて、第1図にも示されているように、ウェハW上のアライメントマークや基準マークFMは、投影レンズPLのフィールド外に固定されたオフ・アキス方式のウェハアライメント系WR、W

Lによって位置検出される。ウェハアライメント系WR、WLの各検出中心は第2図に示すように、原点Oを通るy軸をはさんでx方向に対称的に配置されており、検出中心のx方向の間隔は予め定められた一定値(ウェハWの直径よりも小さい値)に固定されている。尚、ウェハアライメント系WL、WRはそれぞれウェハW上のx方向アライメントマークとy方向アライメントマークとを同一対物レンズを介して光電検出できるように、すなわちマークの2次元の位置ずれ検出ができるように構成されているものとする。

ここで干渉計系XI、YIの基本構成、 θ 干渉計X θ I、Y θ Iの基本構成について第1図を参照して簡単に説明する。干渉計XIは、He-Neレーザビーム1Xを測定用のビームBXと参照用のビームBX_rの2つに分けるビームスプリッタ2X、ミラー6X、及びレシーバ10X等で構成され、参照ビームBX_rは投影レンズPLの下端部に固定された参照鏡に垂直に投射される。レシーバ10Xは参照鏡からの反射ビームと移動鏡

MXからの反射ビームとを同軸に入射し、両反射ビームの干渉によるフリンジの変化を光電検出する。干渉計YIについても、全く同様であり、レーザビーム1Yを入射するビームスプリッタ2Y、ミラー6Y、レシーバ10Y等で構成され、参照ビームBY_rは投影レンズPLに固定された参照鏡に投射される。このような干渉計XI、YIの形式は、どのようなものであってもよい。その形式の詳細な説明は本発明を説明する上で冗長となるので、ここでは第3図を用いて簡潔に述べることにする。

第3図は、干渉計XIの構成の一例をx-z平面内でみたものであり、ブレースミラー干渉計と呼ばれるものである。周波数差を有するとともに、互いに直交した偏光成分(P偏光とS偏光)のHe-Neレーザビーム1Xは、偏光ビームスプリッタ2Xに入射し、ここで偏光方向によって移動鏡MXへ向うビーム(BX)と、ミラー6Xを介して投影レンズPLの鏡筒金物8に固定された参照鏡7Xへ向うビーム(BX_r)とに分けられる。

偏光ビームスプリッタ2Xから参照鏡7X、移動鏡MXまでの各光路(BX、BX_r)の中には1/4波長板(以下 $\lambda/4$ 板とする)3A、3Bが配置され、偏光ビームスプリッタ2Xの下側にはコーナキューブ5Xが固定されている。ビーム1Xのうちビームスプリッタ2Xで反射されたビームはS偏光であるが、 $\lambda/4$ 板3Bによって円偏光となって参照鏡7Xの下半分投射され、ここで反射されたビームは元の光路を戻す。このとき反射ビームは $\lambda/4$ 板3Bを通ることによって送り光と直交したP偏光に変換され、偏光ビームスプリッタ2Xを透過してコーナキューブ5Xで逆方向に反射され、再びビームスプリッタ2Xに入射する。P偏光のビームはビームスプリッタ2Xを透過し、再びミラー6X、 $\lambda/4$ 板3Bを介して参照鏡7Xの上半分に達する。ここで反射されたビームは $\lambda/4$ 板、ミラー6の順に戻り、S偏光に変換される。そして偏光ビームスプリッタ2Xで反射してレシーバ10Xに入射する。一方、ビームスプリッタ2Xを透過したビーム1Xの一

部(P偏光)は、 $\lambda/4$ 板3Aを介して移動鏡MXの下半分投射され、ここで反射されたビームは $\lambda/4$ 板3Aを介してS偏光に変換され、ビームスプリッタ2Xで下方に反射され、コーナキューブ5Xで逆方向に戻される。コーナキューブ5XからのS偏光のビームは再び $\lambda/4$ 板3Aを介して移動鏡MXの上半分投射され、そこでの反射ビームは $\lambda/4$ 板3A、ビームスプリッタ2Xを介してP偏光に変換されてレシーバ10Xに入射する。レシーバ10Xは移動鏡MXからの反射ビームと、参照鏡7Xからの反射ビームとを、偏光方向を合わせて互いに干渉させ、ビーム1Xの偏光方向のちがいによる周波数差を利用して、ヘテロダイン方式で2つの光路(BXとBX_r)の差の変化量を検出する。Y側の干渉計YIについても全く同様の構造であるので、これ以上の説明は省略する。

次に第1図を参照して θ 干渉計X θ I、Y θ Iの基本構成を説明する。 θ 干渉計X θ Iは、レーザビーム11Xを入射して2方向に分岐させるビ

ームスプリッタ12Xと、ビームスプリッタ12Xで反射した一部のビームを移動鏡MXの方向へ反射させるミラー13Xと、レシーバ17X等とで構成されている。 θ 干渉計X θ 1の2つのビームBX θ_1 、BX θ_2 は互いに平行で、その間隔は10mm〜数10mm程度ある。またビームBX θ_1 とBX θ_2 とのほぼ中間には、レーザ干渉計X1からのビームBXが位置する。 θ 干渉計Y θ 1についても同様であり、ミラーMYの反射面とはほぼ垂直に2つのビームBY θ_1 、BY θ_2 を一定の間隔で投射するために、ビームスプリッタ12Y、ミラー13Y、レシーバ17Y等が設けられている。

ここで θ 干渉計X θ 1の詳細な構成を第4図を参照して説明するが、第4図の構成はほんの一例に過ぎず、要は2つのビームBX θ_1 、BX θ_2 の光路差の変化量が求められればよい。

さて、第4図において直交する2つの偏光で一定の周波数差を有するレーザビーム11Xは偏光ビームスプリッタ12Xで2つに分岐され、S偏

光のビームはミラー13X、 $\lambda/4$ 板14Aを介して移動鏡MXの1点に垂直にビームBX θ_1 、となって投射される。偏光ビームスプリッタ12Xを透過したP偏光のビームはミラー15X、16X、 $\lambda/4$ 板14Bを介して、移動鏡MXの別の点に垂直にビームBX θ_2 、となって投射される。ここでビームBX θ_1 とBX θ_2 はX軸と平行であり、Y方向の間隔は移動鏡MXの反射面上でSX(10mm〜数十mm程度)としてある。偏光ビームスプリッタ12Xは、ビームBX θ_1 と同軸に戻ってくる反射ビームと、ビームBX θ_2 と同軸に戻ってくる反射ビームとをレシーバ17Xの方に同軸に合成する。 θ 干渉計Y θ 1についての詳細な構成も全く同一なので説明は省略する。

尚、 θ 干渉計X θ 1、Y θ 1は第4図では省略したが、実際には固定鏡を基準として、移動鏡MXの2点での光路差を計測するようになっている。

ところで、第1図の構成において、 θ 干渉計のレシーバ17X、17Yの夫々からの計測信号は、それぞれ回転量(ヨーイング、曲り量等)計測用

のデジタル・カウンタ40X、40Yに入力し、回転量に応じたデータD θ_x 、D θ_y を座標補正系42に出力する。補正系42はデータD θ_x 、D θ_y の差分を求める演算部と、その差分をステージSTのx、y方向の移動位置と対応して記憶するメモリ部等で構成されている。

座標位置計測用の干渉計X1のレシーバ10Xからの信号は不図示のカウンタ回路によってデジタルな座標値DXCに変換され、干渉計Y1のレシーバ10Yからの信号は不図示のカウンタ回路によってデジタルな座標値DYCに変換される。これら座標値DXC、DYCは主制御系50は、座標値DXC、DYCを入力し、補正系42に記憶された移動鏡MX、MYの曲り量に対応したデータ(差分)情報DRDの入力に基づいて、座標値DXC、DYCを補正する機能と、目標位置に対してステージSTのモータ30X、30Yを駆動する指令DSX、DSYを出力する機能とを備えている。もちろん、その他にも各種制御のための機能が設けられているが、ここでは本発明と直

接関係しないので、これ以上の説明は省略する。尚、補正系42からはリアルタイムに曲り量のデータD θ_x 、D θ_y の差分量のデータDRD'を主制御系へ送り出している。

次に、以上の構成のもとで、移動鏡MX、MYの各反射面の曲りを計測する手法を、移動鏡MYを例にとりて第5図も参照して説明する。

先にも述べたが、 θ 干渉計は実際には固定鏡を基準にして移動鏡MX、MYの反射面の回転量を計測しているが、ここでは説明を簡単にするために、 θ 干渉計Y θ 1は第5図に示すように仮想的に固定された基準線RYを基準に移動鏡MYの傾き(回転量や曲り量)を検出するものとする。基準線RYと移動鏡MYの距離をY。(干渉計系Y1で計測している値)とし、その位置での移動鏡MYの局所的な曲り角を $\theta_Y(x)$ とする。 θ 干渉計Y θ 1は、基準線RY上でx方向にSYだけ離れた2点で、移動鏡MYまでの距離 $y\theta_1$ と $y\theta_2$ との差分、 $Y\theta(x)$ を計測する。すなわち θ 干渉計Y θ 1のカウンタ回路40Yは、次式で

決まるような差 $Y\theta(x)$ を出力する。

$$Y\theta(x) = y\theta_x - y\theta_y, \dots\dots\dots (1)$$

ここでカウンタ回路40Yは、移動鏡MYがx方向の基準点O_xにあるとき、すなわち移動鏡MYの反射面上の固定された点O_xに、Y軸干渉計YIのビームBYが入射している状態の時に零にリセットされる。干渉計YIもその基準点O_xで零リセットされるものとする。移動鏡の曲り角 $\theta Y(x)$ はせいぜい1~2秒程度の微小角であり、間隔SYは10mmから数十mmであるので、角度 $\theta Y(x)$ は次式で近似できる。

$$\theta Y(x) = Y\theta(x) / SY \dots\dots\dots (2)$$

一方、移動鏡MYの位置xにおける反射面の凹凸量 $\Delta Y(x)$ は、xの基準O_xに対して次式で求められる。

$$\Delta Y(x) = \int_0^x \theta Y(x) dx \dots\dots\dots (3)$$

以上の測定は、ステージSTをx方向に移動させながら行なうのであるが、この時にはステージSTのヨーイングが同時に発生するため、そのヨ

$$DY(x) = \int_0^x \theta Y(x) dx - \int_0^x X\theta(x) dx \dots\dots\dots (4)$$

この凹凸量 $DY(x)$ を、ステージSTのx方向の適当な位置間隔毎に求めて記憶し、以後ステージSTのx方向の位置に応じてY軸干渉計YIの計測値を補正すれば、移動鏡MYの曲がり角が全くない場合と同等の精度でy方向の位置計測ができる。

ここで、式(2)、式(4)の演算、及び真の凹凸量 $DY(x)$ の記憶は補正系42で行なわれ、装置定数として扱われる。

またX軸用の移動鏡MXについてもステージSTをy方向に移動して全く同様に真の凹凸量 $DX(y)$ が求められ、補正系42に記憶される。この場合、 θ 干渉計X θ Iのカウンタ回路40Xでの計測値を $X\theta(y)$ 、 θ 干渉計Y θ Iのカウンタ回路40Yでの計測値を $Y\theta(y)$ として、次式によって凹凸量 $DX(y)$ が求められる。

ーイング量による誤差分を式(3)の測定値から差し引かなければならない。そこで、Y軸用の移動鏡MYの平面度を測定する時に、X軸側の θ 干渉計X θ Iを使って、xの基準点O_xに対するステージSTのヨーイング量 $X\theta(x)$ を求める。この場合、ステージSTはx方向に一次元移動するだけなので、 θ 干渉計X θ Iの2本のビーム $BX\theta_1$ 、 $BX\theta_2$ はX軸移動鏡MXの反射面上の同一点に投射され続ける。 θ 干渉計X θ Iのカウンタ回路40Xは基準点O_xで零リセットされているため、位置xでのカウンタ回路40Xの値は、原点O_xを基準としたステージSTのヨーイング量 $X\theta(x)$ となる。

そこで、ステージSTをx方向に移動させて、 θ 干渉計X θ Iによる計測値 $X\theta(x)$ を同時に読み込んで、次式のような補正演算を行ない、移動鏡MYの反射面の真の凹凸量 $DY(x)$ を求める。

$$\theta X(y) = X\theta(y) / SX \dots\dots\dots (5)$$

$$DX(y) = \int_0^y \theta X(y) dy -$$

$$\int_0^y Y\theta(y) dy \dots\dots\dots (6)$$

尚、上記式(4)、(6)は区間0~x、又は0~yでの積分の形で表わしてあるが、実際は局所区間毎、例えば5~10mm毎の積分を行なえばよい。すなわち局所区間の長さを ΔL とすると、x方向での積分区間はnを1以上の整数として、 $(n-1) \cdot \Delta L \sim n \cdot \Delta L$ の範囲で積分しては、 $n = n+1$ と順次シフトしていく。従って補正系42内のメモリには、干渉計X θ I、Y θ Iの計測座標値の ΔL 毎に対応して凹凸量 $DY(x)$ 、 $DX(y)$ のデータがテーブルとして記憶される。

以上、移動鏡MX、MYの凹凸量の測定は、ステッパーの製造時や定期的なメンテナンス時のみに行なう場合、2つの θ 干渉計X θ I、Y θ Iのうち的一方は脱着可能としておき、使用する場合だけ装置に取り付けるようにしてもよい。しかし、

経時変化が大きい、あるいは極めて小さな量の誤差まで問題とされるような場合には、2つの θ 干渉計X I、Y Iとも常時取り付けておき、頻繁に移動鏡M X、M Yの曲りを計測した方がよい。

以上の実施例では、ステッパーのステージの位置測定、位置決めに本発明を適用したものとして説明したが、マスクやウェハ等のパターンの座標位置を高精度に計測する測定装置にも全く同様に適用可能である。

さて、上記実施例では単にステージの位置計測だけを目的としていたが、この種のステッパー等ではウェハW上のアライメントマークを検出してウェハWの装置座標系における位置を特定するアライメント作業が不可欠である。このアライメント作業では、ステージS Tがヨーイングによって微小回転してしまうと、マーク検出位置が横ずれを起して計測されることになるので、 θ 干渉計X θ I、又はY θ Iを用いて補正する必要がある。そこで、アライメント作業時に好適な本発明の第2の実施例を以下に説明する。

差を説明した図である。第6図中でx軸、y軸はそれぞれ干渉計X I、Y Iの測定軸(ビームB X、B Y)であり、原点Oは投影レンズP Lの光軸A X位置である。ウェハアライメント系W Rの検出中心はx軸からy方向に ℓ_y だけ離れた位置に配置される。ウェハアライメント系W Rでウェハ上のマークを検出したとき、X軸用の移動鏡M Xの反射面がM X。のようにx軸と正確に垂直(y軸と平行)であれば、その後ステージS Tを一定量 ℓ_x だけx方向に移動させ、 ℓ_y だけy方向に移動させると、計測したマークを点Oに合致させることができ、誤差は生じない。

ところが、ウェハ上のマークの検出時に、移動鏡M Xの反射面がM X。のようにy軸から θX (y)だけ回転していたとすると、第6図のようにx軸から ℓ_y だけ離れた反射面M X。上の点は、x方向に $\ell_y \cdot \theta X(y)$ だけずれることになるから、ウェハW上のマークを原点Oに合致させるためには、ステージS Tのx方向の送り量を設計上の距離 ℓ_x に対して $\ell_y \cdot \theta X(y)$ だけ補正

第1図、第2図に図示したように、ウェハアライメント系W L、W Rの検出中心がX軸干渉計X IのビームB X、又はY軸干渉計Y IのビームB Yの延長線(測定軸)上にない配置の場合、ウェハW上のマークの位置計測時には、ステージS Tのヨーイングによる誤差分を補正する必要がある。ただし、特開昭56-102823号に開示されているように、ウェハアライメント系が干渉計X I、Y Iの測定軸上でマーク検出する場合は、ステージS Tにヨーイングがあっても位置検出結果をヨーイングの誤差分で補正する必要はない。

従来のように、 θ 干渉計が1組しかない、ステージS Tのヨーイングによる移動鏡の傾き(回転)と、反射面の曲りとを分離して扱うことができなかつたが、本発明を適用すると分離して扱うことができる。

以下、第6図を参照して本実施例を説明する。

第6図はアップ誤差が出る位置に設けられたウェハアライメント系W Rを用いて、ウェハW上のマークのx方向の位置を検出したときに生じる誤

しなければならない。

ステージS Tのヨーイング量 $\theta X(y)$ の測定時には、移動鏡の反射面の曲りの誤差が含まれるが、第1の実施例と同じようにして、予め移動鏡M X、M Yの真の凹凸量D X(y)、D Y(x)、あるいは局所的な反射面の傾き情報Y $\theta(x)$ 、X $\theta(y)$ を計測して記憶しておき、 θ 干渉計X θ I、Y θ Iの実測値を、記憶したデータ値で補正すれば反射面自体の曲りの影響を差し引いた真のヨーイング量を知ることができる。

このようなアライメント時のヨーイング補正は、主制御系50、補正系42によって行なわれる。実際のシーケンスとしては、ウェハアライメント系W R(又はW L)でウェハ上のマークを検出したときのステージS Tの位置を干渉計X I、Y Iで計測し、同時にその位置でのヨーイング量を θ 干渉計X θ I、Y θ Iの一方、又は両方で検出する。 θ 干渉計X θ I、Y θ Iの計測値は、補正系42、又は主制御系50において、予め記憶してある凹凸量、又は局所的な傾き量のテーブルを参

照して補正され、真のヨーイング量が求められる。
2つの干渉計 $X\theta I$ 、 $Y\theta I$ を両方使う場合は、求められた真のヨーイング量を加算平均したりすることで1つの真のヨーイング量とする。

尚、 X 軸側と Y 軸側とで真のヨーイング量が大きく異なる場合は、その直前におけるステージ ST の移動中に、移動鏡 MX 、 MY の少なくとも一方がステージ ST 上で微小に回転ずれを起したことになる。この場合は、装置の稼働を中断してセルフチェック、キャリブレーション等の動作を実行することが望ましい。場合によっては、補正系42内のテーブルの書き直しも必要となる。

以上、本実施例によれば、アッペ誤差を回避し得ないアライメント系を用いて、ウェハ W 上のマークの位置を計測したとしても、容易に、しかも高精度にヨーイングによる誤差分を補正できるので、結果として高精度なウェハアライメント系が達成できる。

の端部では、約 $0.075\mu m$ の合わせずれが生じる。この誤差を防ぐにはステージ ST の真のヨーイングをモニターし、ウェハ W を保持するホルダーを、そのヨーイングの方向と逆方向に、モニターした分だけ微小回転させ、ウェハ W 上のショット配列の方向を、絶対座標系において常に一定にすればよい。そのために第8図に示すように、ステージ ST 上に θ 回転するウェハホルダー WH を設け、モータ MT 、制御系60で微小回転させる構造とする。さらにホルダー WH の一部に2つのコーナレフレクタ（直角ミラー） CR_1 、 CR_2 を固定し、ステージ ST 上に取り付けた θ 干渉計 $W\theta I$ から各レフレクタ CR_1 、 CR_2 にビームを投射することで、ホルダー WH のステージ ST 上での回転量を精密に計測できるようにする。この際、制御系60は先の実施例と同様にして補正された真のヨーイング量を、 θ 干渉計 $X\theta I$ 、補正系42等から入力し、そのヨーイング量（ステージ ST の原点位置を基準とした回転量）の分だけ逆方向にウェハホルダー WH が回転するように、

次に本発明の第3の実施例による位置決め方法（装置）について説明する。

ステッパーでは投影像を形成する視野に2次元の大きさがあり、ステージ ST のヨーイングの為に、1回の露光ショット毎（ステッピング毎）に視野内で回転誤差（チップローテーション）が生じる。このチップローテーションは、ウェハ W 上に1層目のパターンを焼き付けるとき、2層目以降のパターンの重ね焼きのときに問題となる。特に位置決め誤差や重ね合わせ誤差の要求が厳しくなると、チップローテーションも無視できない量となってくる。第7図はチップローテーションの様子を誇張して示したもので、レチクル R の矩形の投影像 PI が $x-y$ 座標に対して回転しないものとする。ウェハステージ ST のヨーイングによって、ウェハ W 上のショット領域 CP が像 PI に対して相対回転してしまう。この相対回転がチップローテーション量 $C\theta$ として発生することになる。ローテーション量 $C\theta$ が1秒あるものとする。15mm角の像 PI （又はショット領域 CP ）

θ 干渉計 $W\theta I$ の計測値をモニターしつつ、モータ MT をサーボ制御する。この動作はウェハアライメント（グローバルアライメント、 ECA 等）が終了した後に継続して実行され、ステップアンドリピートの露光動作中はモータ MT によるサーボ制御が働き続ける。尚、ウェハホルダー WH の回転中心はウェハ W 上の各ショット領域の中心にある訳ではないので、ウェハホルダー WH の回転によってショット領域はアライメント作業で規定された位置から x 、 y 方向に微小シフトする。このため制御系60は、ホルダー WH の回転量によるショット位置の x 、 y 方向シフト量を演算で求め、その分だけステージ ST のステッピングの位置を補正するための情報を、第1図中の制御系50へ出力する。

またウェハホルダー WH をグローバルアライメント時に一度だけ回転補正した後、ステージ ST の真のヨーイング量を計測しつつ、レチクル R を保持するレチクルステージをヨーイングの方向と同方向に回転補正しつつステップアンドリピート

露光を行なってもよい。

この場合、ウェハW上の各ショット領域の中心を投影像P1の中心と一致させればよく、ウェハW側をヨーイング補正のために回転させる時のようなx、y方向の微小シフトは必要ない。この場合、レチクルステージの回転中心はレチクルRの中心と極力一致させ、回転量モニター用の θ 干涉計等を設けることが望ましい。

さらに、ウェハW上の各ショット領域とレチクルRとの相対回転誤差をTTR（スルーザレチクル）又はTTL（スルーザレンズ）方式のアライメント系で検出して、その誤差を補正するようにレチクルステージ、又はウェハステージSTを微小回転させるシーケンスと一体に組み合わせてもよい。

以上、本実施例によれば、移動鏡MX、MYの反射面の曲りの影響を除いて純粋なヨーイング量のみを検出して、ウェハW又はレチクルRを微小回転させるため、ウェハW上にファーストプリントで焼き付けられる1層目のショットからチップ

ローテーションの補正ができ、2層目以降の重ね合わせ露光の際も、ヨーイングの影響によるチップローテーションの発生を抑えることができる。

以上、本発明の各実施例では、移動鏡MX、MYの回転量（曲り量）は、コヒーレントなビームを用いた θ 干涉計で計測するものとしたが、必ずしも干涉計を用いる必要はなく、例えばオートコリメータ方式を利用して、平行光束を移動鏡の反射面に投射し、その反射光束の反射方向の変化を光電検出する構成にしても同じ効果が得られる。この場合、移動鏡に投射される平行光束は、反射面の伸びる方向に10～数10mm程度の長さをもつスリット状断面にするとよい。

また露光方式としては、マスクとウェハを近接させるプロキシミティ方式、マスクとウェハを一体に投影光学系に対してスキャンするアライナー、あるいはステップアンドスキャン方式等、いかなるものにも適用できる。

また、X軸、Y軸用の移動鏡MX、MYは、セラミックステージの直角な2側面を光学研削し、

そこにアルミニウム等を蒸着したものとしてもよい。

〔発明の効果〕

以上の様に、本発明によれば平面鏡の曲りをヨーイングの影響を受けずに測定できて記録し、X、Yの座標測定時に曲り量を補正して使用できるので、高精度な2次元座標測定ができ有効である。この座標測定部を用いれば2次元座標測定機の測定精度が向上し、ステッパー等のパターン転写装置に利用すれば位置決め精度が向上するという効果がある。また平面鏡の曲りだけでなくXとYの2つの平面鏡の相対角度変化がある場合もその量をモニターでき補正できるので正確な座標測定ができる。またアッペ誤差の生じる観察系で位置計測する場合のヨーイング補正に本発明を利用すると、ヨーイングが正確に補正でき、ヨーイングによる誤差が正確に補正されるという効果がある。

さらに、ステッパー等のチップローテーションの補正に本発明を用いると、真のヨーイング量を

補正できるので、正確にチップローテーションが補正され、良好な重ね合わせ精度が得られるという効果がある。

4. 図面の簡単な説明

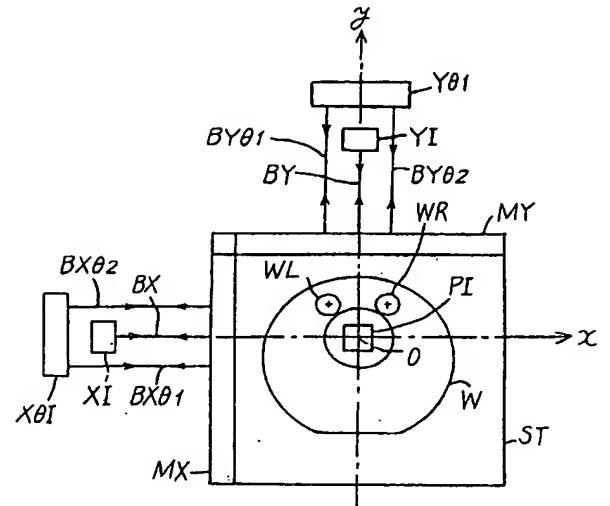
第1図は本発明の第1の実施例による位置測定、又は位置決め装置を適用したステッパーの構成を示す斜視図、第2図は第1の実施例におけるステージ配置の様子を示す平面図、第3図は座標位置測定用の干涉計の構成を示す図、第4図は移動鏡（ステージ）の回転、曲りを計測する θ 干涉計の構成を示す図、第5図は移動鏡自体の曲りを計測する様子を説明する図、第6図はアライメント系を用いた位置決めの際に生じるヨーイング、及びそのヨーイングによる位置決め補正を説明する図、第7図はチップローテーションを誇張して示す図、第8図はチップローテーション（ヨーイング）を防ぐために好適なウェハステージの構造を示す平面図である。

〔主要部分の符号の説明〕

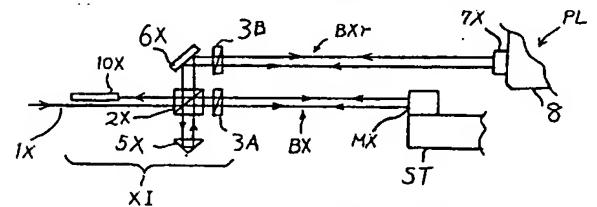
R…レチクル、

- W…ウェハ、
 ST…ステージ、
 MX、MY…移動鏡、
 XI、YI…座標位置計測用の干渉計、
 XθI、YθI…回転量計測用の干渉計、
 40X、40Y…カウンタ回路、
 42…補正系、
 50…制御系。

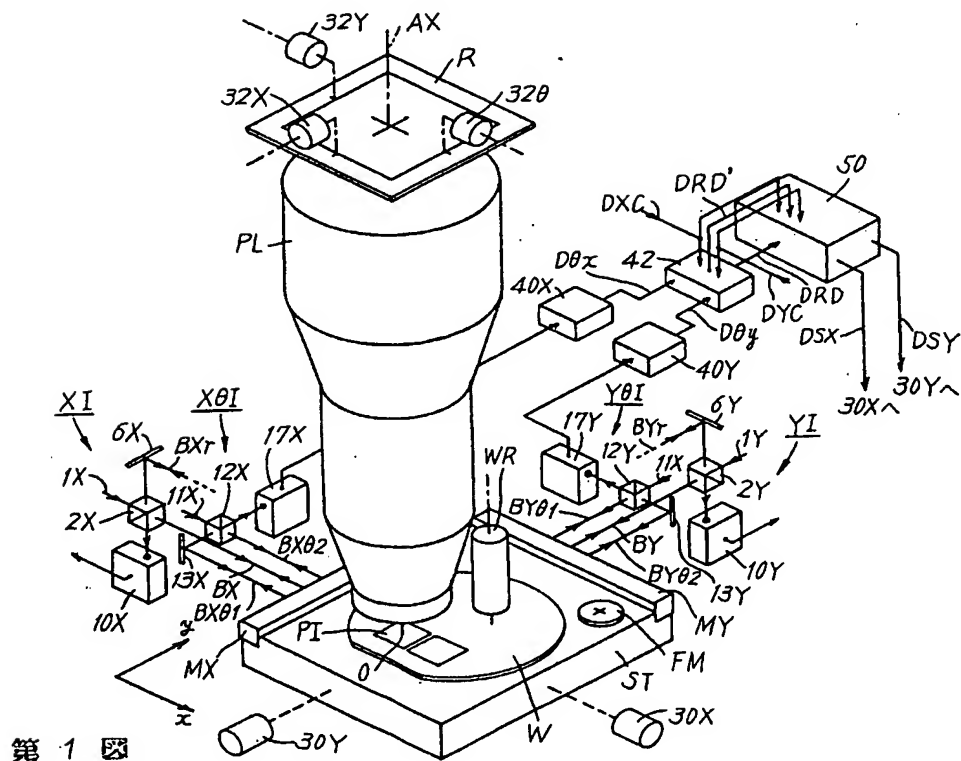
出願人 株式会社ニコン
 代理人 渡辺 隆 男



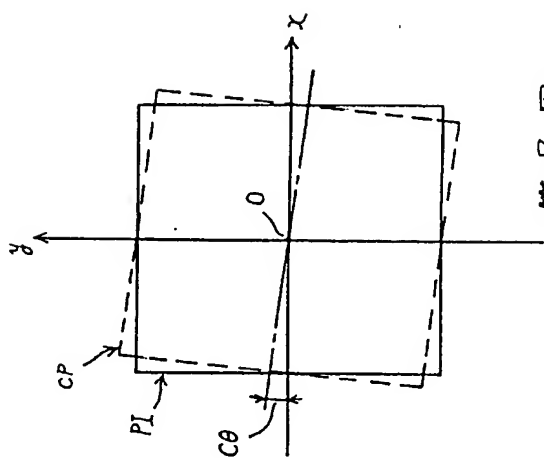
第 2 図



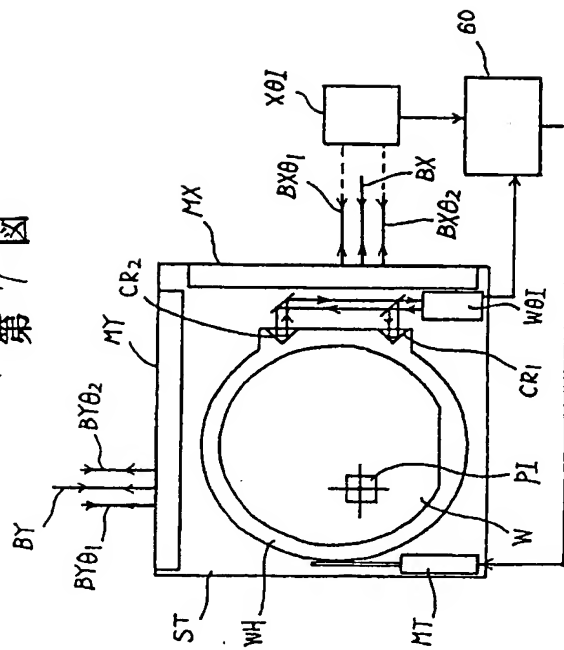
第 3 図



第 1 図



第 7 図



第 8 図

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第1区分

【発行日】平成10年(1998)9月25日

【公開番号】特開平3-10105

【公開日】平成3年(1991)1月17日

【年通号数】公開特許公報3-102

【出願番号】特願平1-145733

【国際特許分類第6版】

G01B 11/00

11/02

H01L 21/027

【F I】

G01B 11/00 G

11/02 G

H01L 21/30 516 B

平 税 補 正 書 (17条の2第2号)

平成8年12月19日

特 許 庁 長 官 殿

1. 事件の表示

平成 1 年 特 許 願 第 1 4 5 7 3 3 号

2. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

名称 (411) 株式会社ニコン

代表者 取締役社長 小 野 茂 夫

3. 代理人

住所 〒140 東京都品川区西大井1丁目8番2号

株式会社ニコン 大井製作所内

氏名 (7818) 弁護士 渡 辺 隆 興

連絡先 電話 (3773) 7011 知的財産業務課

4. 補正の対象

明細書

5. 補正の内容

(1) 特許請求の範囲を別紙のとおり訂正する

別紙

2. 特許請求の範囲

(1) ほぼ直交するx、y方向に平行移動するステージの移動部に、該x、y方向の夫々に沿って伸びた2つの平面鏡が開設され、該2つの平面鏡の反射面と垂直な方向に関する距離変化を光波干渉計で計測することによって、前記ステージのx、y方向の座標位置を計測する方法において、前記2つの平面鏡の各反射面の伸びる方向に関する局所的な曲り量を、前記2つの平面鏡について、ほぼ同時に計測し、両方の計測値に基づいて前記光波干渉計で計測される前記ステージの座標位置を補正することを特徴とする位置測定方法。

(2) ほぼ直交するx、y方向に平行移動するステージと、該ステージの一部に開設され、前記x、y方向の夫々に沿って伸びた反射面を有する2つの平面鏡と、該2つの平面鏡の各反射面と垂直な方向に関する距離変化を計測する2つの光波干渉計とを備え、前記ステージの座標位置を測定する装置において、前記2つの平面鏡の各反射面の伸びる方向に関する局所的な曲り量を、前記2つの平面鏡について個別に計測する2つの計測手段と;

前記ステージをx、y方向の1次元に移動させたときに前記2つの計測手段から得られる各計測値をほぼ同時に入力して、該計測値の差分に応じた情報を前記反射面の伸びる方向の位置に対応して求めて記憶する記憶手段と;

前記光波干渉計で計測される前記ステージの座標位置を該記憶手段に記憶された情報に応じて補正する補正手段とを備えたことを特徴とする位置測定装置。

(3) ほぼ直交するx、y方向に平行移動するステージの移動部に、該x、y方向の夫々に沿って伸びた2つの平面鏡が開設され、該2つの平面鏡の反射面と垂直な方向に関する距離変化を光波干渉計で計測するとともに、前記ステージに保持された対象物上の特定のマークをマーク検出手段で検出することによって、前記対象物の座標位置を測定する方法において、

前記2つの平面鏡の各反射面の伸びる方向に関する局所的な曲り量を、前記2つの平面鏡の夫々について個別に計測し、両方の計測値に基づいて前記ステージ

のヨーイング量を求め、前記マーク検出手段によって検出された前記マークの座標位置を該ヨーイング量に応じて補正することと特徴とする位置測定方法。

(4) ほぼ直交する x 、 y 方向に平行移動するステージと、該ステージの一部に固設され、前記 x 、 y 方向の夫々に沿って伸びた反射面を有する2つの平面鏡と、該2つの平面鏡の各反射面と垂直な方向に関する距離変化を計測する2つの光波干渉計と、該2つの光波干渉計の測定軸で規定される座標系の所定位置で前記ステージ上の対象物のマークを検出するマーク検出手段とを備え、前記光波干渉計とマーク検出手段によって、前記対象物の座標位置を測定する装置において、前記2つの平面鏡の各反射面の伸びる方向に関する局所的な回転量を前記2つの平面鏡の夫々について個別に計測する2つの計測手段と；

該2つの計測手段の計測値の差に基づいて前記平面鏡の反射面の曲り量を求めるとともに、前記2つの計測手段のうち少なくとも一方によって計測された回転量を、前記曲り量に基づいて補正して、前記ステージの真のヨーイング量を求める演算手段と；

前記マーク検出手段によって検出されたマークの座標位置を、前記ヨーイング量に基づいて補正する補正手段とを備えたことを特徴とする位置測定装置。

(5) ほぼ直交する x 、 y 方向に平行移動するステージに保持された基板に所定のパターンを投影する際、 x 、 y 方向に沿って伸びた反射面を有し、前記ステージに固定された2つの平面鏡に対して、それぞれ光波干渉計からのビームを投射して該2つの平面鏡の距離変化を計測することで、前記投影パターンと前記基板とを所定の位置関係に合わせる方法において、

前記2つの平面鏡の各反射面の局所的な回転量を個別に計測し、該2つの計測値に基づいて前記反射面自体の曲り量の影響を除いた前記ステージの真のヨーイング量を算出し、該真のヨーイング量に応じて前記投影パターンと前記基板とを相対回転して、ヨーイングによる回転誤差を補正することを特徴とする位置決め方法。

(6) ほぼ直交する x 、 y 方向に平行移動するステージと、該ステージ上に保持された基板に所定のパターンを投影する投影手段と、前記ステージに固定され、前記 x 、 y 方向の夫々に沿って伸びた反射面を有する2つの平面鏡と、該2つの

平面鏡の夫々の距離変化を計測する2つの光波干渉計とを備え、該光波干渉計の計測値に基づいて前記基板を前記投影パターンに合わせるように前記ステージを位置決めする装置において、前記2つの平面鏡の各反射面の伸びる方向に関して局所的な回転量を、前記2つの平面鏡の夫々について個別に計測する2つの計測手段と；

該2つの計測手段の計測値の差に基づいて前記平面鏡の反射面自体の曲り量を求めるとともに、前記2つの計測手段のうち少なくとも一方によって計測された回転量を該曲り量に応じて補正して、前記ステージの真のヨーイング量を求める演算手段と；

前記基板と前記投影パターンとを位置決めする際、前記真のヨーイング量に基づいて前記基板と投影パターンとを相対回転させる回転補正手段とを備えたことを特徴とする位置決め装置。

以上